

PEMETAAN PULAU KECIL DENGAN PENDEKATAN BERBASIS OBJEK MENGUNAKAN DATA *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV)

Studi Kasus di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu

(Small Island Mapping with Object Based Approach

Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data: Case Study in Pramuka Island, Seribu Islands)

Yoniar Hufan Ramadhani¹, Rokhmatulloh², Aris Poniman K.², dan Rahmatia Susanti³

¹ Pasca Sarjana Magister Ilmu Kelautan FMIPA, Universitas Indonesia

² Staf Pengajar Magister Ilmu Kelautan FMIPA, Universitas Indonesia

³ Pusat Standardisasi dan Kelembagaan Informasi Geospasial, Badan Informasi Geospasial
Kampus UI Depok Depok, Jawa Barat 16424

E-mail: yoniarhufan@gmail.com

Diterima (received): 1 Agustus 2015; Direvisi (revised): 12 Oktober 2015; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 25 November 2015

ABSTRAK

Pulau kecil memiliki ukuran yang kecil, ekosistem yang rentan dan sumberdaya yang terbatas, sehingga dampak dari permasalahan pembangunan akan lebih terlihat. Ketersediaan data keruangan menjadi salah satu sebab timbulnya kesalahan dalam pengelolaan pulau kecil. Secara umum pemetaan pulau kecil membutuhkan data citra dengan resolusi tinggi dikarenakan ukurannya. Namun ketersediaan data yang terbatas masih menjadi kendala terutama pada area yang jauh dari pulau utama. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) sebagai teknologi yang mampu melakukan akuisisi data dengan ketinggian rendah, menghasilkan citra beresolusi tinggi bisa menjadi solusi dalam penyediaan data untuk pemetaan pulau kecil. Penelitian ini mengkaji penggunaan data yang dihasilkan dari UAV menggunakan analisis digital berbasis objek (GEOBIA) untuk pemetaan penutup lahan pulau kecil. Analisis digital berbasis objek dilakukan untuk otomatisasi pengolahan data pemetaan pulau kecil dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi hasil pemetaan dibandingkan dengan interpretasi visual yang selama ini sering dilakukan. Untuk keperluan ini, foto udara hasil dari UAV diturunkan menjadi citra orthofoto resolusi sangat tinggi dan model permukaan digital (DSM). Pada tahapan klasifikasi, analisis digital dengan pendekatan berbasis objek digunakan untuk mengelaskan empat jenis objek yaitu bangunan, pohon, rumput/semak dan permukaan diperkeras/kedap air. Hasil kajian menunjukkan penggunaan analisis digital berbasis objek dengan menggunakan data hasil UAV memberikan hasil yang sangat baik untuk pemetaan cepat penutup lahan pulau kecil dengan akurasi keseluruhan sebesar 94,4% dan indeks kappa 0,92. Hasil kajian ini memberikan alternatif untuk pemetaan cepat penutup lahan pulau kecil yang seringkali masih menggunakan interpretasi secara visual. Pemanfaatan data UAV juga memberikan solusi keterbatasan ketersediaan data di pulau kecil Indonesia.

Kata kunci : pulau kecil, penutup lahan, klasifikasi, GEOBIA, UAV

ABSTRACT

Small island has a small size, vulnerable ecosystems and limited resources, hence impact of development problems will be more visible in this particular area. Availability of spatial data becomes one of reasons of erroneous in management of small islands. In general, mapping of small islands require image data with high resolution due to its size. However, the limitation on availability data remains a constraint, especially in remote areas. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) is a technology that can perform data acquisition at low altitude, produces high-resolution image, so that it can be a solution in providing data for mapping small island. This study examines the use of data generated from the UAV using object-based digital analysis (GEOBIA) for mapping small island land cover. Object-based digital analysis performed for automation of data processing mapping of small islands in improving efficiency and accuracy of the mapping results compared to visual interpretation which has been frequently done. A very high resolution imagery and digital surface models (DSM) produced from UAV aerial photographs for this purpose. At the stage of classification, digital analysis by object-based approach was used to classify the four classes of objects, namely buildings, trees, grass/shrubs and bare soils/impervious surface. The results showed that the use of object-based digital analysis using data from UAVs provide excellent results for rapid mapping of small island's land cover with an overall accuracy of 94.4% and kappa index of 0.92. The results of this study provide an alternative for rapid mapping of land cover small islands. Data utilization UAVs also provide solutions to the limitations of the data availability on small islands in Indonesia.

Keywords : small island, land cover, classification, GEOBIA, UAV

PENDAHULUAN

Jumlah pulau kecil di Indonesia yang mencapai ribuan dan sebagian di antaranya berada di area yang jauh dari kepadatan penduduk dan pulau besar menjadikan ketersediaan data resolusi tinggi sangat terbatas. Berdasar Tim Pembakuan Nama – Nama Pulau, Penghitungan Panjang Garis Pantai dan Luas Wilayah Indonesia, yang dibentuk berdasarkan SK Kepala BIG No. 20 Tahun 2013 tercatat Indonesia memiliki 13.466 pulau. Sebagian besar dari pulau-pulau tersebut merupakan pulau kecil yaitu pulau dengan ukuran sama atau kurang dari 2.000 km² (UU No. 27 Tahun 2007). Ekosistem pulau sering menjadi prioritas untuk konservasi karena tingkat keanekaragaman hayati yang relatif tinggi dan kerentanan mereka terhadap stres yang terkait oleh keberadaan manusia dan efek dari spesies invasif (Forster *et al.*, 2011). Ketersediaan data keruangan menjadi salah satu sebab timbulnya kesalahan dalam pengelolaan. Informasi geospasial memiliki peran yang sangat penting dalam aplikasi konservasi pulau kecil. Dalam konteks konservasi laut, data liputan lahan dan penggunaan lahan dibutuhkan dalam monitoring lingkungan, deteksi perubahan, dan dalam mendesain *Marine Protected Area* (MPA) sebagaimana juga pengembangan skema zonasi (Mumby & Harbone, 1999; Klemas, 2001; Mumby & Edwards, 2002). Berdasarkan kebutuhan konservasi dan penataan kawasan, pemetaan pulau biasanya menggunakan foto udara dengan pesawat konvensional atau pengukuran lapangan dimana kedua metode tersebut dibatasi oleh biaya yang besar, pengulangan yang panjang, cuaca, lokasi *take off* dan *landing*, dan lokasi pulau yang jauh dari daratan utama (Cheng *et al.*, 2011). Keterbatasan tersebut mulai dapat diatasi dengan hadirnya citra satelit resolusi tinggi, namun pada beberapa kondisi seperti di Indonesia yang memiliki ribuan pulau, ketersediaan data citra satelit resolusi tinggi di pulau kecil sangat terbatas, tutupan awan juga menjadi kendala berikutnya (Al-Tahir *et al.*, 2006).

Dewasa ini peningkatan pemanfaatan penginderaan jauh menggunakan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berkembang sangat pesat. Penggunaan UAV oleh sipil mengalami peningkatan yang mengacu pada ketersediaan wahana, sensor yang kecil, GPS, *Inertial measurement units* dan perangkat keras pendukung lainnya yang semakin meningkat (Lambers *et al.*, 2007; Zhou & Zang, 2007; Patterson & Brescia, 2008; Rango *et al.*, 2008; Nagai *et al.*, 2009). Wahana jenis *rotary wings* atau *multicopter* memiliki keunggulan pada kemampuan manuver yang tinggi, mengacu pada kemampuannya untuk mempertahankan posisi (*hover*) dan mengubah arah terbang di sekeliling pusat rotasi. Lebih jauh lagi, wahana yang berukuran kecil memungkinkan untuk terbang mendekati area yang diinginkan dan memperoleh foto udara resolusi tinggi menggunakan kamera

digital rendah biaya (non metrik). Keputusan penggunaan wahana didasarkan pada kebutuhan akan data yang cepat dan *real-time*. Pada wilayah pulau kecil dengan sedikit area terbuka, wahana jenis *multicopter* yang memiliki kemampuan *vertical take-off* lebih unggul dibandingkan dengan wahana jenis *fixed wing* yang membutuhkan area lebih luas dan terbuka untuk *take-off* dan *landing*.

Berbeda dengan satelit yang memiliki beragam jenis sensor dan resolusi spektral dari menengah (multispektral) hingga sangat tinggi (hiperspektral). Sensor pada UAV masih sangat terbatas dan masih terus berkembang. Penggunaan kamera metrik yang terkalibrasi untuk foto udara menghasilkan informasi yang lebih akurat dibandingkan dengan kamera non-metrik. Akan tetapi dengan biaya yang lebih mahal dan ukurannya yang lebih berat menjadi hambatan dalam operasional menggunakan UAV. Mengacu pada kemampuannya mengangkat beban (*payload*) dari wahana berukuran kecil hingga sedang, penggunaan kamera non-metrik untuk foto udara format kecil saat ini masih menjadi pilihan dalam penggunaannya dengan sistem UAV (Jaya & Cahyono, 2001). Kamera non metrik memiliki berat yang ringan untuk pemanfaatannya dalam UAV yang berukuran kecil, disamping berbiaya rendah. Walaupun memiliki resolusi spasial yang tinggi, kamera jenis ini memiliki resolusi spektral yang rendah. Meskipun demikian, pengolahan fotogrametri foto udara format kecil yang dihasilkan dari UAV mampu menghasilkan citra tegak foto udara (orthofoto) dan model permukaan digital atau *Digital Surface Model* (DSM). Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengenali objek dalam analisis digital. Ketersediaan data resolusi tinggi yang masih terbatas pada daerah tertentu menjadi keunggulan UAV dalam operasionalnya yang relatif cepat, fleksibel dan kemampuan terbang pada ketinggian rendah untuk menghasilkan citra dengan resolusi sangat tinggi (Rango *et al.*, 2006).

Data penginderaan jauh dan analisis digital menjadi bagian integral dalam pemetaan liputan lahan, *assessment* dan monitoring dimana sebagian besar memanfaatkan citra satelit. Analisis digital data penginderaan jauh secara umum memiliki dua pendekatan yaitu berbasis piksel (*pixel-based*) dan berbasis objek (*object-based*). Analisis digital berbasis objek terbukti sukses untuk analisis digital citra resolusi tinggi dan sangat tinggi dengan jumlah bayangan yang cukup besar dan informasi spektral yang rendah. Penggunaan metode ini untuk analisis digital citra satelit resolusi tinggi sudah cukup banyak dilakukan (Syed *et al.*, 2005; Hussain *et al.*, 2013; Roelfselma *et al.*, 2010; Kavzoglu & Yildiz, 2014). Namun demikian, penggunaannya untuk analisis data UAV masih terbatas. Beberapa kajian penggunaan pendekatan berbasis objek menggunakan citra orthofoto dari UAV yang telah dilakukan antara lain untuk pemetaan areal penggembalaan ternak (*rangeland*) (Laliberte & Rango, 2009; Laliberte *et al.*, 2010), habitat lamun (Lathrop *et al.*, 2006) dan area

bencana (Ahmed *et.al.*, 2008). Pada kebutuhan ekstraksi informasi penutup lahan, penggunaan analisis digital dengan pendekatan berbasis objek memiliki hasil yang cukup baik dibandingkan dengan berbasis piksel (Myint *et al.*, 2011; Whiteside & Ahmad, 2005).

Di Indonesia, penggunaan foto udara format kecil menggunakan UAV untuk pemetaan pulau kecil masih relatif baru. Dengan adanya kebutuhan akan informasi tentang kondisi pulau kecil yang mendesak perlu adanya teknik pemetaan yang cepat dan akurat. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji teknik pemetaan cepat pulau kecil dengan menggunakan analisis digital berbasis objek menggunakan data foto udara dari UAV.

METODE

Gambaran Sistem UAV

UAV yang digunakan dalam kajian ini adalah Aeroplankton Quadcopter (**Gambar 1**), dimana merupakan wahana jenis *rotary wing* atau *multirotor copter* dengan baling-baling berjumlah empat. Memiliki panjang 650 mm dan berat 1350 gr. Dua operator melakukan kontrol UAV selama akuisisi data sesuai dengan jalur terbang yang telah diatur untuk memperoleh foto udara seluruh pulau. Akuisisi data menggunakan sensor kamera digital komersial dengan resolusi 12 Mega Pixels (MP) yang dipasang pada wahana. Berdasarkan spesifikasinya, wahana ini dikategorikan dalam mikro UAV (Eisenbeiss, 2004).



Gambar 1. UAV Aeroplankton Quadcopter

Tabel 1. Spesifikasi wahana dan kamera

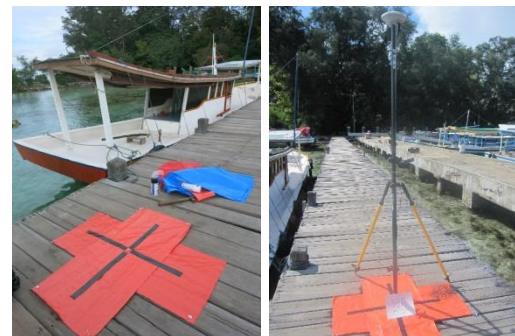
| Spesifikasi wahana | | Spesifikasi kamera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| Jenis | Rotary wing, Quadcopter | Jenis | Kamera Digital Pocket |
| Berat | 1350 gr | Berat | 198 gr |
| Pay load | 500 gr | Jenis | CMOS |
| Motor | 530 kv | Sensor | 43.32 mm2 |
| Range | 2,5 km | Sensor | 12.1 MP |
| Ketahanan | 25 menit | Resolusi | 4000 x 3000 pixel |
| Bahan | Li-Po | Format | JPEG |
| Bakar | Battery | File | |
| | 5200 mah | | |

Sumber: aeroplankton-id.com, canon.co.id

Wilayah Kajian dan Akuisisi data

Foto udara diambil pada bulan April 2015 di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Wilayah studi dipilih berdasarkan perwakilan karakter pulau kecil dengan aktifitas manusia yang tinggi, jaraknya yang dekat dengan pusat ibukota sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi. Wilayah kajian juga memiliki bagian dari kelas klasifikasi yang akan dibangun yaitu bangunan, pohon, rumput dan permukaan diperkeras / kedap air (jalan beton, halaman rumah, *paving block*, dll).

Sistem UAV yang digunakan, dijalankan dengan sistem otomatis dengan panduan navigasi GPS yang terintegrasi pada UAV, *ground station* dengan perangkat lunak perencanaan jalur terbang dan telemetri. Wahana ini dilengkapi dengan sensor berupa kamera digital Canon Powershot S110 12 MP dan terbang pada ketinggian 300 m di atas permukaan tanah. Akuisisi dilakukan dengan 80% *overlap* dan 60% *sidelap*. *Ground check point* (GCP) sejumlah empat titik diambil dengan menggunakan GPS geodetik di area kajian untuk keperluan koreksi *geometric mosaik orthofoto*. GCP diambil dengan melakukan pemasangan dan pengukuran *pre-mark* sebelum pelaksanaan akuisisi data oleh UAV, seperti pada **Gambar 2** dan sebaran GCP pada **Gambar 3**.

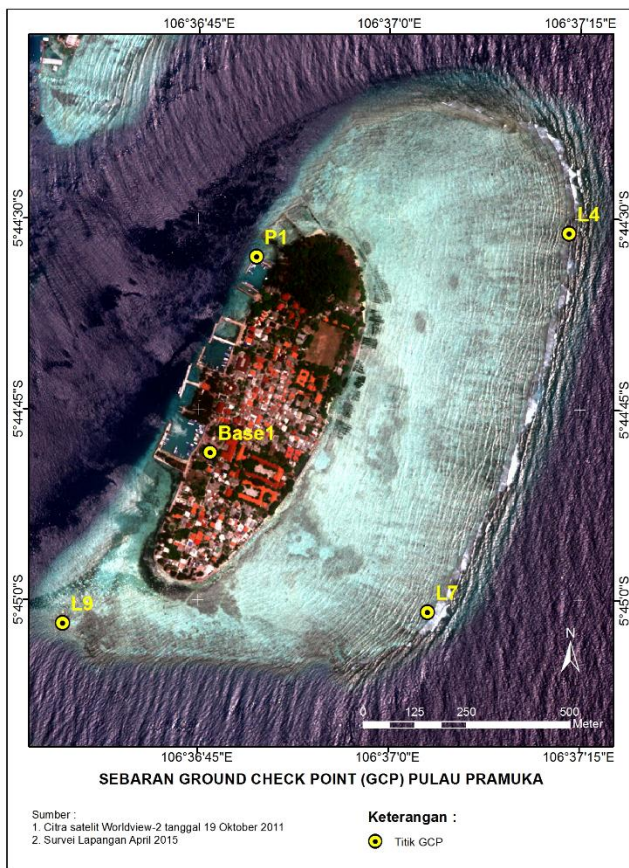


Gambar 2. Pemasangan *pre-mark* dan pengukuran GCP menggunakan GPS Geodetik.

Analisis Digital

Pengolahan foto udara hasil akuisisi menjadi citra *orthofoto* dan model permukaan digital dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Agisoft Photoscan® 1.1.6. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan GCP yang telah diambil sehingga menghasilkan *orthofoto* dan model permukaan digital yang terkoreksi geometrik bumi.

Secara umum alur proses analisis digital berbasis **objek** (GEOBIA) meliputi tiga tahapan yaitu : segmentasi citra; klasifikasi; dan uji akurasi (Kavzoglu & Yildiz, 2014). Analisis digital berbasis **objek** dengan menggunakan perangkat lunak eCognition Developer 8® memiliki kemampuan integrasi data dengan sensor maupun resolusi berbeda. Pada kajian ini data *orthofoto* dan model permukaan digital yang dihasilkan dari akuisisi data menggunakan UAV digunakan untuk analisis baik segmentasi dan klasifikasi penutup lahan.



Gambar 3. Peta Sebaran GCP di Pulau Pramuka.

a. Segmentasi

Tiga parameter segmentasi yaitu *scale parameter*, *color* (informasi spektral), dan *shape*. *Scale parameter* merupakan parameter yang tidak memiliki unit dan mengatur ukuran segmen secara umum. Semakin kecil nilai *scale parameter* akan menghasilkan objek yang semakin kecil. *Color* dan *shape* diberi bobot dari 0 hingga 1. Segmentasi merupakan proses penggabungan kedalam objek yang lebih besar, dimana segmen yang lebih kecil akan digabungkan menjadi segmen yang lebih besar berdasarkan homogenitas (kesamaan nilai spektral dan karakteristik spasial) dari citra dan dikontrol oleh ketiga parameter segmentasi.

Algoritma yang digunakan dalam segmentasi objek adalah *multiresolution segmentation*. Algoritma ini dipilih karena dianggap paling menggambarkan kondisi sebenarnya. *Multiresolution segmentation* diperkenalkan oleh Baatz & Schape (2000) dimana algoritma ini merupakan teknik penggabungan region yang mengelompokkan area yang memiliki kemiripan dan piksel bersebelahan kedalam objek berdasarkan kriteria homogenitas. *Multiresolution segmentation* mengelompokkan wilayah dari kesamaan nilai piksel kedalam objek. Area homogen dihasilkan sebagai objek yang lebih besar, dan area heterogen menjadi objek yang lebih kecil. Homogenitas/heterogenitas objek

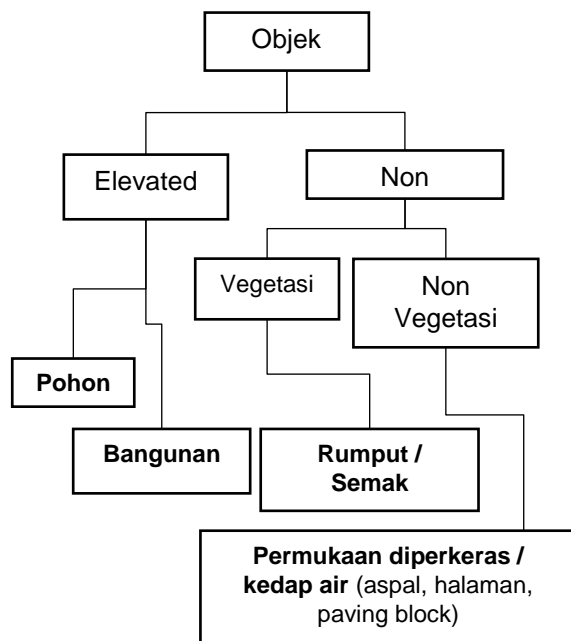
ditentukan berdasarkan *scale parameter* yang dipilih. *Scale parameter* sangat tergantung dengan resolusi spasial dan objek yang ingin dipetakan, seringkali *trial and error*, dan analisis visual dilakukan untuk memperoleh nilai yang sesuai (Radoux & Defourny, 2007). Berdasarkan penelitian sebelumnya dalam penutup lahan (Matinfar *et.al.*, 2007), *color/shape* dan *compactness/smoothness* diatur pada nilai 0,5 dan 0,5. Pada kajian ini parameter skala yang digunakan adalah 25 (**Gambar 4**) dimana sebelumnya telah dilakukan percobaan pada beberapa nilai skala dan nilai tersebut dianggap paling baik dalam memisahkan objek sesuai dengan klasifikasi yang dibuat.



Gambar 4. Hasil proses segmentasi citra UAV Pulau Pramuka pada parameter skala 25.

b. Klasifikasi

Klasifikasi pada kajian ini dibuat pada empat kelas yang dapat diidentifikasi secara visual sebagai tutupan lahan pulau kecil yaitu bangunan, pohon/vegetasi, rumput, dan daratan. Untuk mendapatkan kelas yang diinginkan dilakukan pendekatan berbasis objek (*geographic object-based image analysis*) (Blaschke, 2010). Dari hasil segmentasi yang telah dilakukan sebelumnya, klasifikasi dilakukan berdasarkan pada pengetahuan interpreter (*expert knowledge*) dan informasi kontekstual objek penutup lahan dengan logika fuzzy dan pohon keputusan hierarkis (*hierarchical decision tree*). Skema klasifikasi digambarkan pada **Gambar 5**. Skema tersebut menjadi dasar dalam pembangunan klasifikasi dalam perangkat lunak eCognition Developer 8®. *Membership rule-set* dibangun berdasarkan *expert knowledge* dan informasi kontekstual untuk mendefinisikan suatu **objek** dari data yang dihasilkan dari UAV yaitu citra orthofoto dan model permukaan digital. Dasar pembangunan *membership rule-set* digambarkan dalam **Tabel 2**.



Gambar 5. Skema klasifikasi penutup lahan pulau kecil.

Tabel 2. Kelas klasifikasi dan identifikasi informasi kontekstual.

| Kelas | Karakter Signifikan | Karakter Tidak Signifikan |
|----------------------------------|---|--|
| Bangunan | <ul style="list-style-type: none"> Memiliki ketinggian>2 m Secara umum tidak diliputi oleh vegetasi | <ul style="list-style-type: none"> Informasi Spektral (atap rumah memiliki warna berbeda-beda) Ukuran dan bentuk beragam |
| Pohon | <ul style="list-style-type: none"> Memiliki ketinggian>2 m Informasi Spektral (hijau) | <ul style="list-style-type: none"> Ukuran dan bentuk tidak beraturan |
| Rumput/ Semak | <ul style="list-style-type: none"> Tidak memiliki / ketinggian rendah<2m Informasi Spektral (hijau muda) | <ul style="list-style-type: none"> Ukuran dan bentuk tidak beraturan |
| Permukaan diperkeras / kedap air | <ul style="list-style-type: none"> Tidak memiliki / ketinggian rendah<2m | <ul style="list-style-type: none"> Informasi Spektral (warna berbeda-beda) Ukuran dan Bentuk tidak beraturan |

Sumber : interpretasi penulis

Tahap awal segmen citra dipisahkan menjadi objek yang tinggi (*elevated*) dan tidak (*non-elevated*) menggunakan data DSM yang dihasilkan dari foto udara UAV. Objek dengan ketinggian 2 m menjadi batasan (*threshold*). Batasan tersebut dipilih untuk membedakan antara bangunan dan pohon dengan rumput dan permukaan diperkeras / kedap air atau antara objek yang memiliki ketinggian cukup tinggi seperti bangunan dan pohon dengan objek dengan ketinggian lebih rendah seperti kendaraan (Yu *et al.*, 2010). Jika dilihat dengan hanya menggunakan informasi spektral maka untuk membedakan antara bangunan beratap asbes, beton yang berwarna keabuan dengan jalan di wilayah kajian yang sebagian besar dari *paving block* dan beton akan sulit terpisahkan atau memiliki akurasi rendah (Freire *et al.*, 2010). Dengan ambang batas ketinggian 2 m maka bangunan dengan permukaan diperkeras/kedap air akan terpisah. Tahap kedua klasifikasi pada objek yang memiliki ketinggian adalah memisahkan vegetasi atau kelas pohon. Kelas pohon dengan kelas bangunan dipisahkan dengan menggunakan informasi spektral dimana vegetasi memiliki nilai spektral *band* hijau lebih tinggi dibandingkan dengan *band* lainnya. Rasio *band* hijau "*green/(red+green+blue)*" digunakan untuk klasifikasi kelas pohon dari objek yang memiliki ketinggian. Pemilihan rasio band hijau digunakan karena citra foto udara yang dihasilkan dari UAV pada kajian ini tidak menggunakan sensor multispektral dimana hanya diperoleh data *single image* (RGB). Pada objek yang tidak memiliki ketinggian atau memiliki nilai elevasi rendah kemudian dipisahkan cara serupa dimana rumput/semak memiliki nilai rasio hijau yang lebih tinggi dbandingkan permukaan diperkeras/kedap air. Nilai *threshold* yang diperoleh yaitu sebesar 0,35.

c. Uji Akurasi

Uji akurasi dan pengambilan titik uji akurasi dilakukan melalui survei lapangan dan secara visual dengan melihat objek pada foto udara resolusi tinggi secara langsung. Titik uji disebar secara merata dengan membuat grid berukuran 20 x 20 m dimana masing-masing diidentifikasi secara visual termasuk ke dalam kelas yang sudah ditentukan. Total jumlah titik uji yaitu 574 titik. Pengambilan titik uji akurasi secara visual dilakukan untuk memperoleh jumlah titik uji yang cukup banyak dan mewakili keseluruhan tutupan lahan pulau. Dengan citra foto udara yang resolusi spasial sangat tinggi (10 cm), identifikasi objek secara visual sangat dimungkinkan. Titik uji akurasi visual kemudian digunakan untuk mengekstrak kelas pada hasil analisis digital menggunakan pendekatan berbasis objek. Hasilnya, dihitung menggunakan matrix kesalahan untuk melihat akurasi klasifikasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi pembuat (*producer accuracy*), akurasi pengguna (*user accuracy*) berikut indeks kappa (Stehman, 1997).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pulau Pramuka merupakan pulau kecil yang mengalami pertumbuhan cukup pesat sejak ditetapkan sebagai ibu kota Kabupaten Kepulauan Seribu. Sebagai lokasi wisata yang berada dalam Taman Nasional Kepulauan Seribu, Pulau Pramuka yang sebagian besar penduduknya tinggal di Pulau Panggang yang tidak jauh dari Pulau Pramuka mengalami peningkatan dalam sektor pariwisata. Peningkatan dalam sektor pariwisata turut meningkatkan ekonomi masyarakat pulau ini. Hal ini ditunjukkan oleh adanya peningkatan usaha pendukung pariwisata yang ditunjukkan dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Sebaran usaha pendukung pariwisata Pulau Pramuka.

| Jenis Usaha | 2004 | 2010 |
|--------------------|------|------|
| Warung Makan | 5 | 10 |
| Pedagang Souvenir | - | 4 |
| Jasa Transportasi | 8 | 15 |
| Laut | | |
| Jasa Penginapan | - | 40 |
| Penyewaan Alat | - | 5 |
| Selam | | |
| Jasa Pemandu | 4 | 12 |
| Penjual Makanan | - | 3 |
| Budidaya Perikanan | - | 20 |

Sumber: *Profil Kelurahan Pulau Panggang 2010 dan Prasetyo (2011) dalam Wiratama (2014).*

Sebagai pulau yang dikategorikan sebagai pulau kecil, perkembangan pulau yang pesat dalam sektor pariwisata menyebabkan Pulau Pramuka memiliki kerentanan yang tinggi. Beberapa permasalahan yang terjadi antara lain adalah adanya intrusi air laut (Cahyadi dkk, 2013) dan degradasi sumber daya alam seperti terumbu karang (Manullang dkk., 2014). Dalam pengelolaan pulau kecil, ketersediaan informasi geospasial memiliki peran yang sangat penting untuk perencanaan pengelolaan dan sumberdaya. Penelitian terdahulu yang memetakan Pulau Pramuka lebih terfokus pada pemetaan sumberdaya laut seperti terumbu karang (Manullang dkk., 2014) dan lamun (Dwindaru, 2010), sedangkan penutup lahan di daratan pulau masih belum banyak dilakukan. Kajian pemetaan pulau kecil secara umum masih banyak menggunakan teknologi penginderaan jauh citra satelit resolusi tinggi (Manullang dkk., 2014; Dwindaru, 2010; Selamat, 2012). Penggunaan citra orthofoto hasil dari foto udara menggunakan UAV untuk pemetaan pulau kecil masih sangat jarang dilakukan. Resolusi spasial yang sangat tinggi (< 25 cm) melebihi resolusi spasial citra satelit resolusi tinggi komersial yang dihasilkan dari UAV memiliki keuntungan dalam ekstraksi informasi yang lebih detail baik melalui interpretasi visual maupun analisis digital. Penggunaan UAV meningkat dalam pemenuhan kebutuhan pemetaan sipil karena biaya operasional yang relatif rendah dan kemudahan operasionalnya. Penggunaan UAV

disebut sebagai solusi dalam mengatasi permasalahan pemetaan pulau kecil seperti kebutuhan resolusi spasial yang lebih tinggi, ketersediaan data dan bebas tutupan awan (Al-Tahir & Arthur, 2012).

Hasil akuisisi foto data menggunakan UAV berupa foto udara dengan gambaran ukuran (*image footprint*) 438.5×328.8 m dan memiliki ukuran piksel 10 cm. Foto yang diproses secara orthorektifikasi berjumlah 150 foto dengan menggunakan perangkat lunak Agisoft Photoscan Professional® 1.1.6 menjadi satu mozaik orthofoto (**Gambar 6**). Perbedaan nilai keterangan antar image sangat kecil dengan menggunakan *color balancing* pada perangkat lunak. Mengacu pada analisis digital berbasis objek, perbedaan warna dan keterangan akan mempengaruhi hasil klasifikasi. Selain itu data foto udara UAV digunakan untuk membangun model permukaan digital yang memiliki informasi nilai ketinggian. *Ground Control Point* (GCP) sejumlah empat titik diambil dengan menggunakan GPS geodetik di area kajian untuk keperluan koreksi geometrik mozaik orthofoto dengan RMS error 0,023258 m. Akurasi keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil koreksi geometrik orthofoto.

| Label | X error (m) | Y error (m) | Z error (m) | Error (m) | Error (pix) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| P1 | -0.022 | 0.0146 | -0.006 | 0.0268 | 0.3639 |
| L7 | 0.013 | -0.002 | 0.0006 | 0.0131 | 0.5787 |
| L9 | -0.001 | 0.0172 | 0.0198 | 0.0262 | 0.3683 |
| L4 | -0.007 | -0.023 | 0.0056 | 0.0242 | 0.7764 |
| Total | 0.0132 | 0.0159 | 0.0106 | 0.02325 | 0.5577 |

Sumber : Hasil pengolahan

Klasifikasi penutup lahan dari hasil analisis digital berbasis **objek** menunjukkan hasil yang baik dengan akurasi keseluruhan sebesar 94,4 %. Matriks kesalahan pada masing-masing kelas dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Matriks Kesalahan Klasifikasi Penutup Lahan.

| Jenis | Building | Vegetasi | Grass | Other | Total | Prod Acc. |
|-----------|----------|----------|-------|-------|-------|-----------|
| Bangunan | 175 | 3 | 0 | 8 | 186 | 94% |
| Pohon | 0 | 243 | 0 | 2 | 245 | 99 % |
| Rumput | 0 | 2 | 26 | 0 | 28 | 93 % |
| Darat | 9 | 8 | 0 | 98 | 115 | 85 % |
| Total | 184 | 256 | 26 | 108 | 574 | |
| User Acc. | 95 % | 95 % | 100 % | 91% | | |

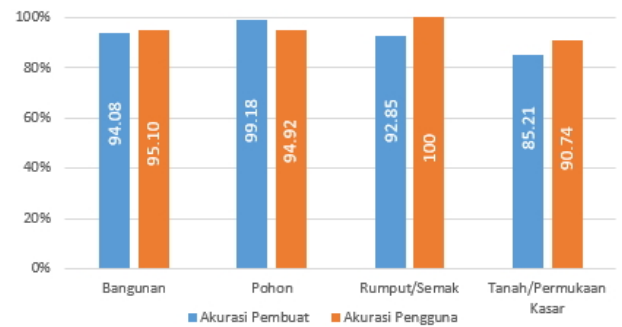
Sumber : Hasil Pengolahan.

Grafik akurasi pengguna dan pembuat dari hasil klasifikasi penutup lahan pulau kecil ditampilkan pada **Gambar 7**. Akurasi pemetaan yang paling tinggi ditemukan pada kelas Bangunan

dan Pohon. Kelas bangunan yang tidak sesuai klasifikasinya hanya sedikit, dimana sepenuhnya merupakan kelas permukaan diperkeras / kedap air. Hal ini sebagian besar titik referensi berada pada area bayangan bangunan. Pada kelas pohon, kesalahan klasifikasi terjadi pada bangunan karena memiliki elevasi yang relatif sama dan warna yang beragam, kesalahan pada rumput/semak dan permukaan diperkeras / kedap air terjadi karena ukuran segmen yang cenderung lebih besar dari seharusnya. Seluruh objek yang diklasifikasikan sebagai rumput/semak sesuai dengan data referensi (100%). Kelas permukaan diperkeras / kedap air mengalami kesalahan klasifikasi cukup besar pada kelas bangunan dimana rona warna relatif sama pada atap dak dan asbes. Salah satu penyebab kesalahan klasifikasi juga disebabkan oleh data DSM yang kurang akurat, sehingga mengalami bias pada area pemukiman.



Gambar 6. Orthofoto dan DSM dari hasil pengolahan foto udara UAV



Gambar 7. Akurasi klasifikasi penutup lahan Pulau Pramuka.

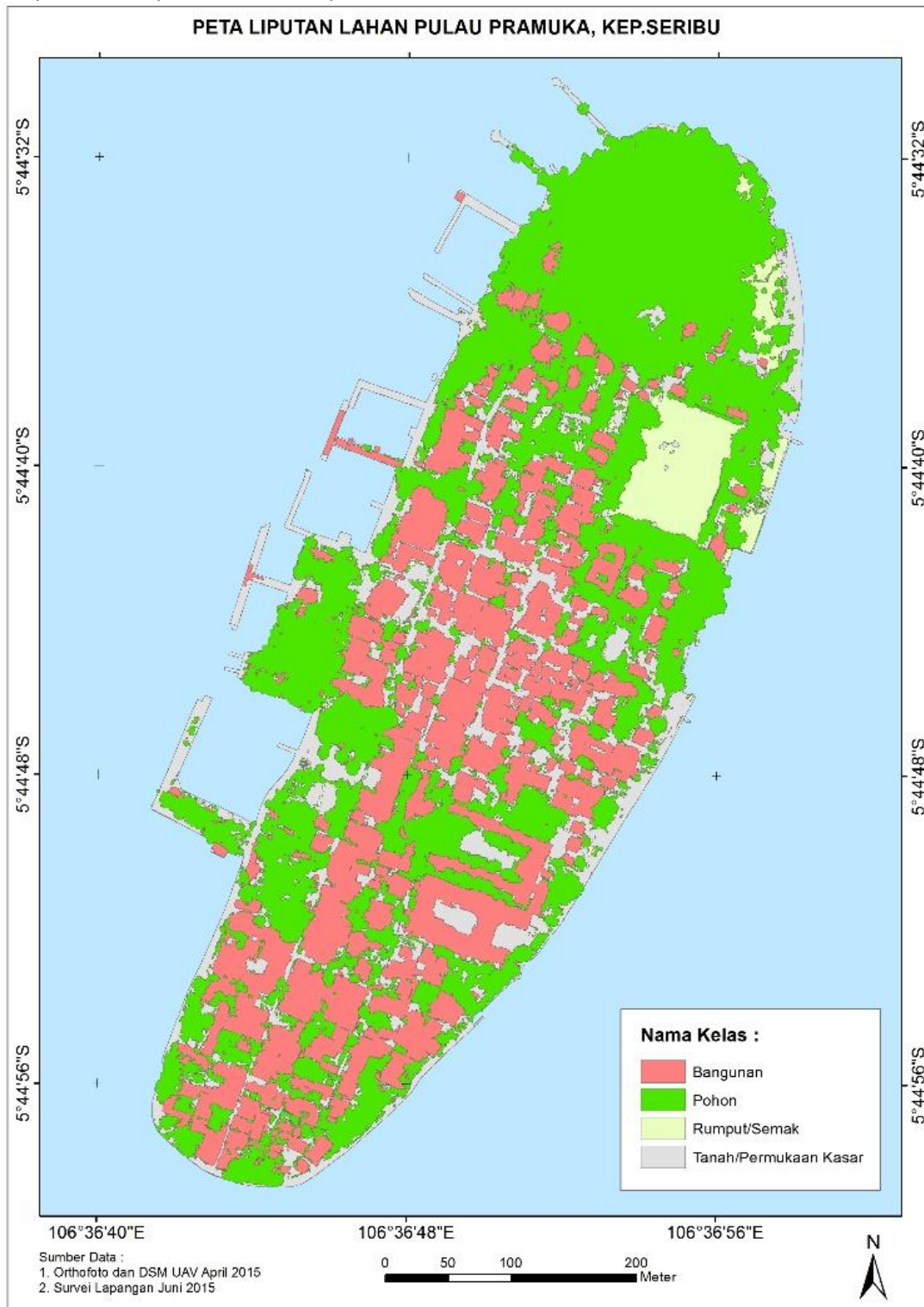
Dari beberapa kesalahan klasifikasi minor yang terjadi, akurasi keseluruhan dari penutup lahan pulau kecil adalah sebesar 94,4%. Akurasi kappa yang diperoleh sebesar 0,92. Nilai akurasi yang tinggi dari hasil kajian ini menunjukkan keunggulan analisis digital berbasis objek dalam pemetaan penutup lahan pulau kecil dibandingkan analisis berbasis piksel. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya, hasil analisis menggunakan metode ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan analisis berbasis piksel (*pixel-based*) menggunakan citra satelit resolusi menengah dan resolusi tinggi. Whiteside & Ahmad (2005) membandingkan penggunaan metode analisis berbasis objek untuk penutup lahan memiliki akurasi lebih tinggi (78%) dibandingkan berbasis piksel (69,14%); Duro et al., 2011 (94,2% dan 89,26%); Weih & Riggan, 2010 (82% dan 66,9%); Whiteside et al., 2011 (79,3% dan 69,53%); Myint, et al., 2011 (90,4% dan 67,6%). Selain itu, penggunaan data UAV yang memiliki resolusi spasial sangat tinggi (10 cm) dan data model permukaan digital turut meningkatkan akurasi klasifikasi penutup lahan. Perbandingan penggunaan data UAV dan citra satelit telah dilakukan oleh Kavzoglu & Yildiz (2014) yang menunjukkan nilai akurasi hasil pemetaan menggunakan UAV lebih tinggi (94,13%) dibandingkan menggunakan citra satelit resolusi tinggi (88,67%). Resolusi spasial yang sangat tinggi dan diintegrasikan dengan model permukaan digital yang menunjukkan informasi ketinggian menjadi keunggulan dalam identifikasi kelas penutup lahan.

Mengacu pada nilai akurasi tersebut, hasil klasifikasi pemetaan penutup lahan pulau kecil dengan menggunakan pendekatan berbasis objek dari data UAV memberikan hasil yang sangat baik sebagai alternatif interpretasi secara visual. Waktu pemrosesan data yang relatif cepat, memungkinkan penggunaan analisis digital berbasis objek bisa digunakan untuk keperluan pemetaan cepat seperti untuk mitigasi bencana. Selain itu, penggunaan kedua metode secara bersamaan dapat menghasilkan hasil yang lebih baik. Secara khusus, pengetahuan ekologi dapat diintegrasikan ke dalam analisis citra melalui interpretasi visual dengan mudah, tetapi pengetahuan ekologi sulit untuk digabungkan dalam teknik pengolahan citra digital

(Jensen, 2000; Richards & Jia, 2006; Lang *et al.*, 2009). Gabungan antara interpretasi visual dan analisis digital berbasis objek menunjukkan hasil yang efisien dan memiliki makna ekologi pada daerah yang memiliki heterogenitas lebih tinggi (Zhou *et al.*, 2014).

Hasil dari kajian ini (**Gambar 8**) adalah klasifikasi penutup lahan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu menggunakan analisis digital berbasis objek (GEOBIA) diperoleh luas total sebesar 227.915 m² yang diklasifikasi sebagai bangunan, pohon, rumput/semak, dan permukaan

diperkeras / kedap air. Luas area terbesar yaitu kelas pohon sebesar 107.352 m² diikuti kelas bangunan 72.037 m², permukaan diperkeras/kedap air 37.413 m², dan rumput/semak 11.112 m². Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa Pulau Pramuka memiliki cukup vegetasi hijau yang sebagian besar berada di Utara pulau. Pulau pramuka juga merupakan pulau kecil berpenduduk dengan area permukiman yang cukup luas (7,2 ha bangunan) walaupun sebagian besar tinggal di Pulau Panggang.



Gambar 8. Peta Penutup Lahan Pulau Pramuka.

KESIMPULAN

Hasil kajian menggambarkan penggunaan analisis digital berbasis objek (GEOBIA) untuk analisis citra foto udara resolusi sangat tinggi dari UAV dengan menggunakan data citra mozaik dan DSM di pulau kecil cukup baik sebagai metode alternatif dalam pemetaan penutup lahan pulau kecil. Walaupun kedetilan informasi masih lebih unggul interpretasi visual, penggunaan analisis citra berbasis objek dalam pemetaan penutup lahan pulau kecil memberikan solusi otomatisasi dan kecepatan waktu pengolahan data. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa analisis digital dengan pendekatan berbasis objek memberikan hasil yang sangat baik untuk pemetaan cepat pulau kecil dengan nilai akurasi yang tinggi (akurasi keseluruhan 94,4%; Indeks Kappa 0,92).

Penelitian kedepan dapat difokuskan pada klasifikasi yang lebih detail pada wilayah yang memiliki kelas lebih banyak dan area yang lebih luas. Integrasi data foto udara UAV dengan citra satelit multispektral juga perlu dilakukan untuk meningkatkan ekstraksi informasi, kedetilan dan akurasi hasil klasifikasi di pulau kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik, Badan Informasi Geospasial yang telah memberikan dukungan dalam kegiatan akuisisi data UAV di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu dan rekan-rekan di Bidang Pemetaan dan Integrasi Tematik Laut yang turut membantu dalam pelaksanaan kegiatan, pengambilan data lapangan, dan diskusi yang panjang terkait penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A., Nagai, M., Tianen, C., & Shibasaki, R. (2008). UAV based monitoring system and object detection technique development for a disaster area. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 373-377.
- Al-Tahir, R., Baban, S. & B. Ramlal. (2006). Utilizing emerging geo-imaging technologies for the management of tropical coastal environments, *West Indian Journal of Engineering*, 29 (1): 11-21.
- Al-Tahir, R., & Arthur, M. (2012). Unmanned aerial mapping solution for small island developing states. In *Global Geospatial Conference*.
- Baatz, M., & Schape, A. (2000) Multi-Resolution segmentation – An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte Geographische Informations Verarbeitung XII*. Wichmann-Verlag, Heidelberg, 12-23.
- Blaschke, T. (2010). Object-based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), pp. 2–16.
- Cahyadi, A., Marfai, W., Tivianto, T. A., Wulandari, M., Hidayat. (2013). Analisis Distribusi Spasial Salinitas Airtanah di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial untuk Optimalisasi Otonomi Daerah*.
- Duro, D. C., Franklin, S. E., & Dubé, M. G. (2012). A comparison of pixel-based and object-based image analysis with selected machine learning algorithms for the classification of agricultural landscapes using SPOT-5 HRG imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118, 259-272.
- Dwindaru, B. (2010). Variasi Spasial Komunitas Lamun dan Keberhasilan Transplantasi Lamun di Pulau Pramuka dan Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 85 hlm.
- Eisenbeiss, H. (2004). A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(5/W1).
- Forster, J., Lake, I. R., Watkinson, A. R., & Gill, J. A. (2011). Marine biodiversity in the Caribbean UK overseas territories: Perceived threats and constraints to environmental management. *Marine Policy*, 35(5), 647-657.
- Freire, S., Santos, T., Gomes, N., Fonseca, A., & Tenedório, J.A. (2010). Extraction of Buildings from QuickBird Imagery for Municipal Use – the Relevance of Urban Context and Heterogeneity. *Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage. EARSeL*.
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80, 91-106.
- Jaya, N.S., Cahyono, A.B. (2001). Kajian Teknis Pemanfaatan Potret Udara Nonmetrik Format Kecil Pada Bidang Kehutanan. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. VII No. 1* : 55-64
- Jensen, J.R. (2000). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA.
- Kavzoglu, T., & Yildiz, M. (2014). Parameter-Based Performance Analysis of Object-Based Image Analysis Using Aerial and Quikbird-2 Images. In *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-7, 2014, pp. 31-37 (Vol. 1, pp. 31-37).
- Klemas, V.V. (2001). Remote sensing of landscape-level coastal environment indicators. *Environmental Management* 27, 47–57.
- Lambers, K., H. Eisenbeiss, M. Sauerbier, D. Kupferschmidt, T. Gaisecker, S. Sotoodeh, and T. Hanusch. (2007). Combining photogrammetry and laser scanning for the recording and modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru, *Journal of Archaeological Science*, 34:1702–1712.
- Laberte, A.S., and A. Rango. (2009). Texture and scale in object based analysis of sub-decimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3):761–770.
- Laberte, A.S., Herrick, J.E., Rango, A., Winters, C. (2010). Acquisition, Orthorectification, and Object-based Classification of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery for Rangeland Monitoring. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol.76, No.6, June 2010, pp.661-672.

- Lang, S.; Schopfer, E.; Langanke, T. (2009). Combined object-based classification and manual interpretation-synergies for a quantitative assessment of parcels and biotopes. *Geocarto Int.*, 24, 99–114.
- Lathrop, R. G., Montesano, P., & Haag, S. (2006). A multi-scale segmentation approach to mapping seagrass habitats using airborne digital camera imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(6), 665-675.
- Manullang, J. C., Hartoni, H., & Surbakti, H. (2014). Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Pulau Pramuka Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu. *Maspari Journal*, 6(2), 124-132.
- Matinfar, H.R., Sarmadian, F., Panah, S.K.A., & Heck, R.J. (2007). Comparisons of Object-Oriented and Pixel-Based Classification of Land Use/Land Cover Types Based on Landsat7, Etm+ Spectral Bands (Case Study: Arid Region of Iran). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (4): 448-456
- Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote sensing of environment*, 115(5), 1145-1161.
- Mumby, P.J., Edwards, A.J. (2002). Mapping marine environments with IKONOS imagery: enhanced spatial resolution can deliver greater thematic accuracy. *Remote Sensing of Environment* 82, 248–257.
- Mumby, P.J., Harborne, A.R. (1999). Development of a systematic classification scheme of marine habitats to facilitate regional management and mapping of Caribbean coral reefs. *Biological Conservation* 88, 155–163.
- Nagai, M., T. Chen, R. Shibasaki, H. Kumugai, and A. Ahmed. (2009). UAV-borne 3-D mapping system by multisensory integration, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3):701–708.
- Patterson, M.C.L., and A. Brescia. (2008). Integrated sensor systems for UAS, *Proceedings of the 23rd Bristol International Unmanned Air Vehicle Systems (UAVS) Conference*, 07–09 April, Bristol, United Kingdom, 13 pp.
- Radoux, J., & Defourny, P. (2007). A quantitative assessment of boundaries in automated forest stand delineation using very high resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 110(4), 468-475.
- Rango, A., A.S. Laliberte, C. Steele, J.E. Herrick, B. Bestelmeyer, T. Schmutge, A. Roanhorse, and V. Jenkins. (2006). Using unmanned aerial vehicles for rangelands: Current applications and future potentials, *Environmental Practice*, 8:159–168.
- Rango, A.S., A.S. Laliberte, J.E. Herrick, C. Winters, and K. Havstad. (2008). Development of an operational UAV/remote sensing capability for rangeland management, *Proceedings of the 23rd Bristol International Unmanned Air Vehicle Systems (UAVS) Conference*, 07–09 April, Bristol, United Kingdom, 9 p.
- Richards, J.A.; Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis*; Springer: New York, NY, USA.
- Roelfsema, C., Phinn, S., Jupiter, S., Comley, J., Beger, M., & Paterson, E. (2010). The application of object based analysis of high spatial resolution imagery for mapping large coral reef systems in the west pacific at geomorphic and benthic community spatial scales. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2010 IEEE International (pp. 4346-4349). IEEE.
- Selamat, M. B. (2012). Evaluasi Akurasi Tematik Citra Satelit Quickbird Dan Ikonos Untuk Pengadaan Peta Habitat Terumbu Karang Skala Besar. *Torani Vol.22(1)*:20-26.
- Stehman, S.V.(1997). Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 62(1), pp. 77–89.
- Syed, S., Dare, P., & Jones, S. (2005). Automatic classification of land cover features with high resolution imagery and lidar data: an object-oriented approach. In *Proceedings of SSC2005 spatial intelligence, innovation and praxis: the national biennial Conference of the Spatial Sciences Institute* (pp. 512-522). Melbourne: Melbourne: Spatial Science Institute.
- Weih Jr, R. C., & Riggan Jr, N. D. (2010). Object-based classification vs. pixel-based classification: comparative importance of multi-resolution imagery. *Proceedings of GEOBIA 2010: Geographic Object-Based Image Analysis*, 38, 6.
- Whiteside, T., & Ahmad, W. (2005). A comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for mapping land cover in northern Australia. In *Proceedings of SSC2005 Spatial intelligence, innovation and praxis: The national biennial Conference of the Spatial Sciences Institute* (pp. 1225-1231).
- Whiteside, T. G., Boggs, G. S., & Maier, S. W. (2011). Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(6), 884-893.
- Wiratama, C. (2014). Nilai Konservasi Ragam Usaha Wisata Alam di Pulau Pramuka Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu DKI Jakarta. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 35 hlm.
- Yu, B., Liu, H., Wu, J., Hu, Y. & Zhang, L. (2010). Automated derivation of urban building density Information using airborne LiDAR data and object-based method. *Landscape and Urban Planning*, 98(3–4), pp. 210–219.
- Zhou, G., and D. Zang. (2007). Civil UAV system for earth observation, *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 23–27 July, Barcelona, Spain, pp. 5319–5322.
- Zhou, W., Cadenasso, M. L., Schwarz, K., & Pickett, S. T. (2014). Quantifying spatial heterogeneity in urban landscapes: Integrating visual interpretation and object-based classification. *Remote Sensing*, 6(4), 3369-3386.